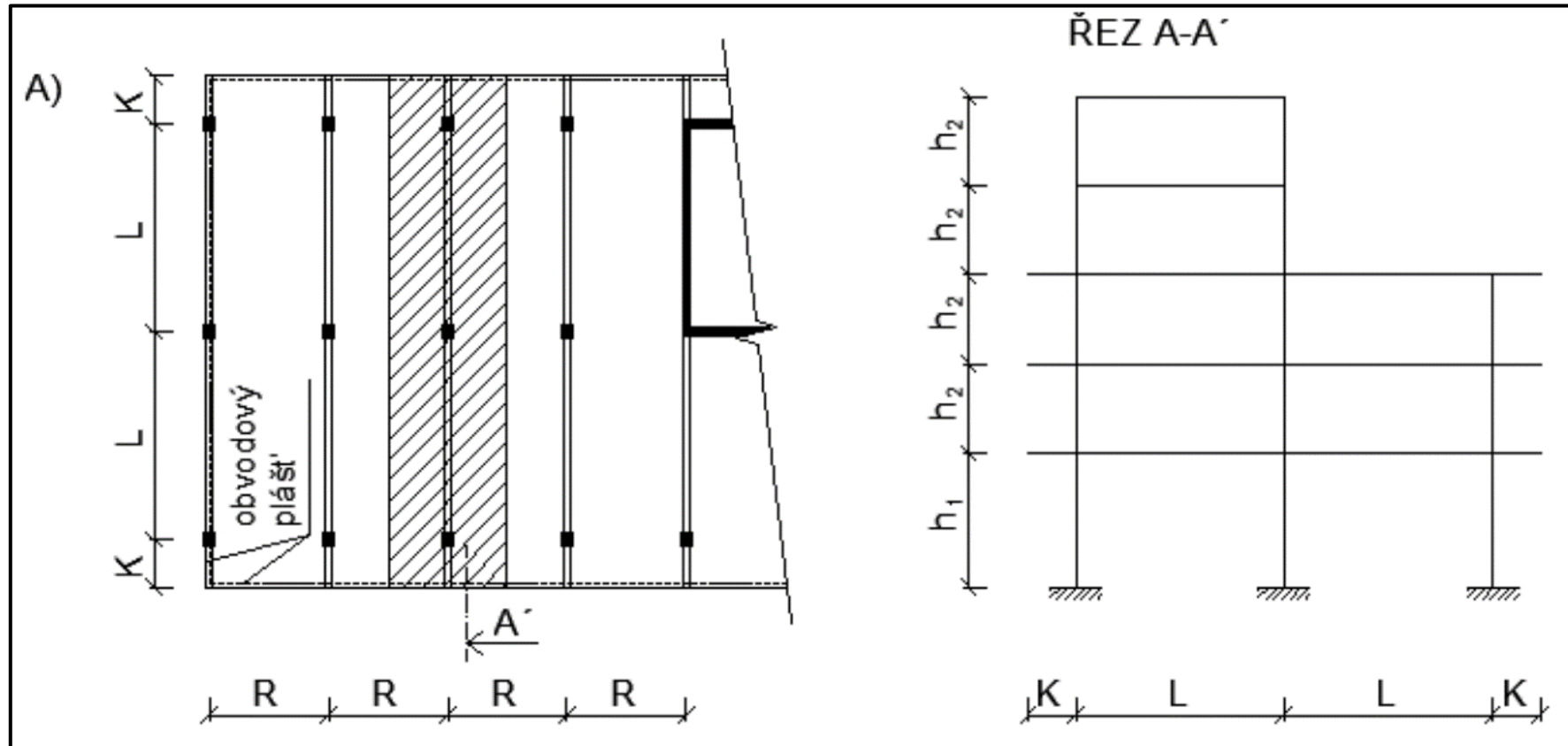




*Železobetonová rámová konstrukce*

# Návrh a posouzení výztuže štíhlého sloupu a schéma výztuže rámu

# Řešená konstrukce (var A)



# Všechny úkoly této úlohy

1. Návrh rozměrů a výpočet zatížení
2. Statický výpočet
  - a) Vnitřní síly pomocí SCIA, obálka momentů
  - b) Návrh a posouzení sloupu (moment 2. řádu, interakční diagram)**
3. Schéma vyztužení celého rámu
4. Výkres výztuže sloupu

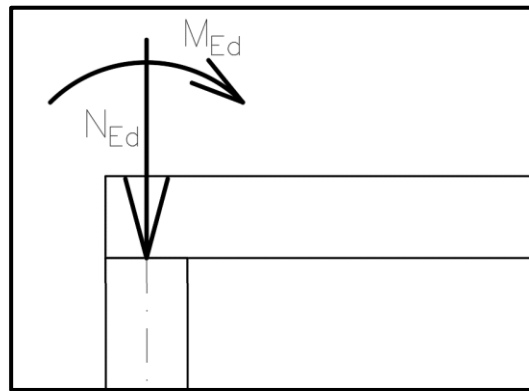
# Postup návrhu a posouzení sloupu

- 1) Výpočet **momentu prvního řádu**:
  - a) Výpočet vnitřních sil od zatížení pomocí lineárního výpočtu (např. SCIA Engineer).
  - b) Výpočet momentu od geometrické imperfekce.
  - c) Výpočet momentu prvního řádu.
- 2) Výpočet **štíhlosti sloupu**.
- 3) **Návrh výztuže**.
  - a) Odhad momentu 2. řádu.
  - b) Odhad návrhového ohybového momentu s účinky 2. řádu.
  - c) Návrh výztuže.
- 4) **Posouzení sloupu**
  - a) Výpočet momentu 2. řádu.
  - b) Výpočet návrhového ohybového momentu s účinky 2. řádu.
  - c) Posouzení sloupu pomocí interakčního diagramu.

# Výpočet momentu prvního řádu

# Vnitřní síly od zatížení

Základními hodnotami pro návrh a posouzení sloupu jsou **vnitřní síly z lineárního výpočtu\***. Tyto vnitřní síly ( $N_{Ed}$  a  $M_i^\dagger$ ) jsou vypočítané **pro ideální konstrukci** a působící na střednici sloupu.



\* V našem případě z programu SCIA Engineer.

† Moment se liší po výšce sloupu. Moment v hlavě sloupu se značí jako  $M_{top}$ . Moment v patě sloupu se značí jako  $M_{bot}$ .

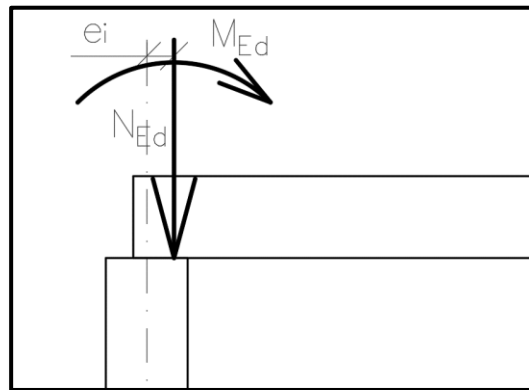
# Moment od geometrické imperfekce

Ve skutečnosti však při výstavbě **vznikají různé geometrické odchylky\***, které **způsobují moment od geometrické imperfekce**

$$M_{imp} = N_{Ed} e_i,$$

kde  $N_{Ed}$  je působící normálová síla,

$e_i$  je výstřednost způsobená geometrickými odchylkami.



# Výpočet momentu od geometrické imperfekce

Výstřednost způsobená geometrickými odchylkami **závisí na geometrii konstrukce a normových parametrech.**

*Postup výpočtu výstřednosti je uveden v normě [1, kap. 5.2] a výukových podkladech [2, 3].*



# Moment prvního řádu

Pro návrh a posouzení sloupu budeme uvažovat, že **současně působí ohybový moment od zatížení  $M_i$  a ohybový moment od geometrické odchylky  $M_{imp}$ .**

Tento moment se nazývá ***moment prvního řádu***\*

$$M_{0Ed} = M_i + M_{imp}.$$

# Moment prvního řádu

Hodnota momentu prvního řádu  $M_{0Ed}$  je různá po výšce sloupu. Pro **koncové momenty**\* prvního řádu se používá značení:

$M_{01}$  pro menší koncový moment,

$M_{02}$  pro větší koncový moment.

# Moment prvního řádu

Moment prvního řádu **musíme vypočítat** jak **v hlavě** sloupu, tak **v patě** sloupu. Navíc v našem případě máme 3 kombinace zatěžovacích stavů (KZS) a **pro každou KZS** musíme tyto momenty vypočítat.

*Postup výpočtu moment prvního řádu je uveden ve výukových podkladech [2, 3].*

# Výpočet štíhlosti sloupu

# Výpočet štíhlosti sloupu

Před návrhem a posouzením musíme stanovit, **zda je sloup štíhlý\***.

# Výpočet štíhlosti sloupu

Štíhlost ověříme pomocí podmínky

$$\lambda \leq \lambda_{lim},$$

kde  $\lambda$  je **štíhlost sloupu**,

$\lambda_{lim}$  je **limitní štíhlost**.

*Postup výpočtu štíhlosti sloupu a limitní štíhlosti je uveden ve výukových podkladech [2, 3].*

# Výpočet štíhlosti sloupu

Pokud podmínka **nevyhoví** (tj.  $\lambda > \lambda_{lim}$ ), tak je **sloup štíhlý** a musíme při návrhu i posouzení zohlednit **moment druhého řádu**.

**V našem úkolu zohledníme moment druhého řádu vždy –**  
tj. i v případě, že podmínka vyhoví.

# Návrh výztuže



# Odhad momentu 2. řádu

**Pro návrh výztuže potřebujeme znát celkový návrhový moment, který v sobě obsahuje moment druhého řádu.**

Moment druhého řádu ale závisí na vyztužení, které v tuto chvíli neznáme, a proto **provedeme pouze odhad momentu druhého řádu.**

# Odhad momentu 2. řádu

Moment druhého řádu vypočítáme pomocí vztahu

$$M_2 = N_{Ed} e_2,$$

kde  $N_{Ed}$  je návrhová hodnota normálové síly\*,  
 $e_2$  je deformace 2. řádu.

*Postup odhadu deformace 2. řádu je uveden ve výukovém podkladu [2].*

# Odhad návrhového momentu s účinky 2. řádu

Pomocí momentů prvního řádu\* v patě a hlavě sloupu nejprve vypočítáme **ekvivalentní koncový moment**\*

$$M_{0e} = \max(0.6M_{02} + 0.4M_{01}; 0.4M_{02}).$$

# Odhad návrhového momentu s účinky 2. řádu

Následně pomocí ekvivalentního koncového momentu, koncových momentů a odhadnutého momentu 2. řádu vypočítáme ***návrhový ohybový moment\* s účinky 2. řádu***

$$M_{Ed} = \max(M_{02}; M_{0e} + M_2; M_{01} + 0.5M_2).$$

*Postup výpočtu návrhového momentu je uveden ve výukovém podkladu [2].*

# Návrh výztuže

Pro stanovený návrhový ohybový moment s účinky 2. řádu  $M_{Ed}$  a maximální normálovou sílu  $N_{Ed}$  navrheme výztuž sloupu. Pro návrh využijeme **nomogramy**, předpoklad **dostředného tlaku** a **konstrukční zásady**.

Do sloupu navrheme symetricky profil a počet prutů výztuže a do rámečku napíšeme: **NÁVRH: n x  $\emptyset_s$  ( $A_{s,prov} = \dots \text{mm}^2$ )**.

*Postup návrhu výztuže je uveden ve výukových podkladech [2, 4, 5, 6].*

# Posouzení sloupu

# Výpočet momentu 2. řádu

Vzhledem k tomu, že již známe vyztužení sloupu, tak můžeme **přesně vypočítat moment 2. řádu**. Moment druhého řádu vypočítáme pomocí vztahu

$$M_2 = N_{Ed}e_2,$$

kde  $N_{Ed}$  je návrhová hodnota normálové síly,  
 $e_2$  je deformace 2. řádu.

*Postup přesného výpočtu deformace 2. řádu je uveden v normě [1, kap. 5.8.8.2] a ve výukových podkladech [2, 3].*

# Výpočet návrhového momentu s účinky 2. řádu

Pomocí přesného momentu 2. řádu můžeme vypočítat **přesný návrhový ohybový moment s účinky 2. řádu**

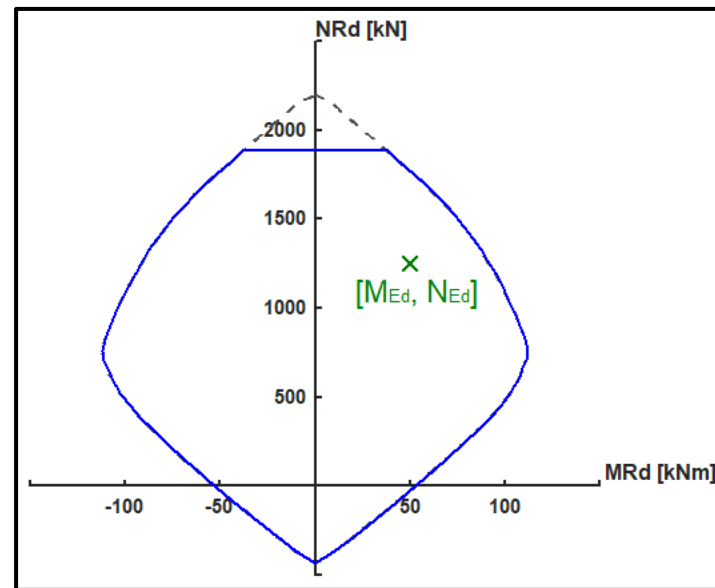
$$M_{Ed} = \max(M_{02}; M_{0e} + M_2; M_{01} + 0.5M_2).$$

*Postup přesného výpočtu návrhového ohybového momentu je uveden v normě [1, kap. 5.8.8.2] a ve výukových podkladech [2, 3].*



# Posouzení sloupu

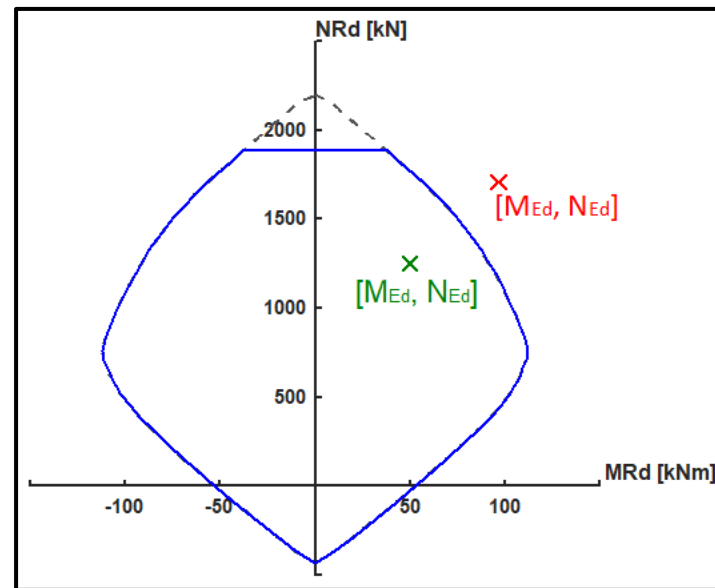
**Posouzení průřezu sloupu děláme pomocí interakčního diagramu. Nejprve sestojíme interakční diagram průřezu a následně do něj vyneseme bod znázorňující působící vnitřní síly.**



# Posouzení sloupu

Pokud **bod** leží **uvnitř** digramu, návrh **vyhovuje**.

Pokud **bod** leží **mimo** diagram, návrh **nevyhovuje**.



# Posouzení sloupu

Pro sestrojení interakčního diagramu průřezu s navrženou výztuží můžete použít software – např. [FIN EC](#) nebo [InDiOn](#). Interakční diagram také můžete sestrojit ručně. *Postup ručního sestrojení interakčního diagramu je uveden ve výukových podkladech [7, 8, 9].*

Pro posouzení použijte **maximální normálovou sílu** v patě sloupu (z KZS1) a **přesný návrhový ohybový moment s účinky 2. řádu**.

# Posouzení sloupu

**Pokud v domácím úkolu posouzení nevyhoví, navrhněte úpravu, která by podle vás problém vyřešila. Úkol pak už nemusíte přepočítávat.**

# Výkres výztuže sloupu

# Výkres výztuže sloupu

Před tvorbou výkresu výztuže sloupu je nutné:

- navrhnout třmínky sloupu,
- vypočítat stykovací délku podélné výztuže.

*Postup návrhu třmínků a výpočtu stykovací délky je uveden ve výukových podkladech [2, 10].*

# Výkres výztuže sloupu

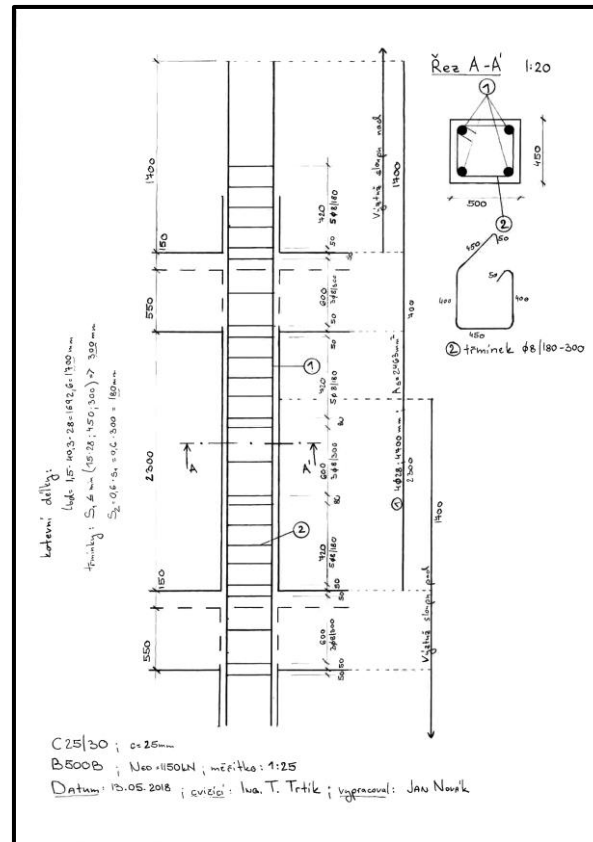
Výkres výztuže vypracujte v ruce nebo v CADu **na papír A4.**

## **Výkres musí obsahovat:**

- 1x svislý podélný řez, 1x příčný řez
- podélnou výztuž a příčnou výztuž,
- rozkreslenou výztuž (tvary prutů),
- uvedení přesahových délek,
- kóty, poznámky a rozpisku.

# Výkres výztuže sloupu – příklad

Tento příklad výkresu sloupu se **liší od námi řešeného sloupu!** My řešíme sloup, který je v 1NP (a má pod sebou patku).

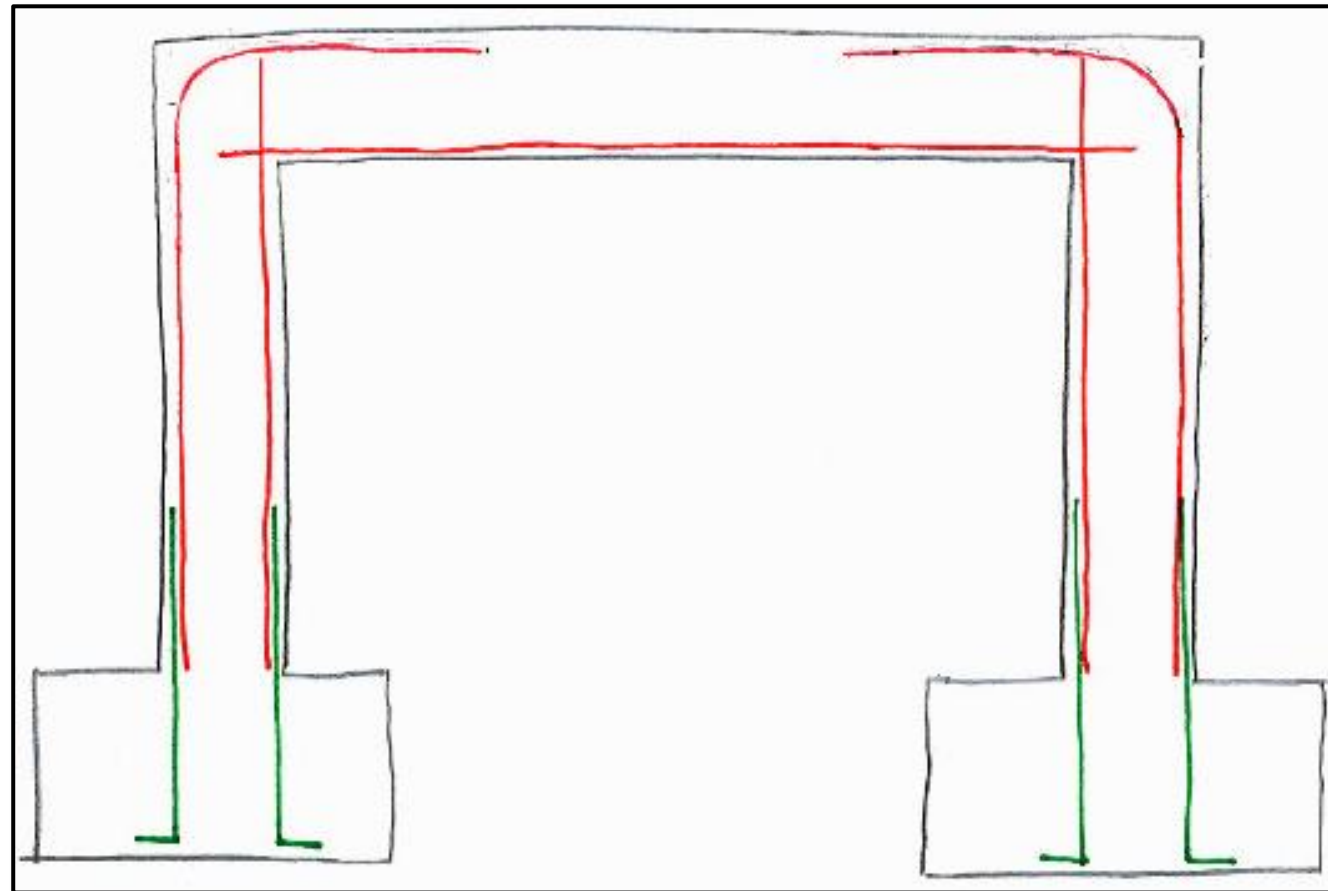




# Skica výztuže rámu

# Skica výztuže rámu

Pro celý rám udělejte **skicu hlavní nosné výztuže** včetně kotvení prutů.



# Další informace

# Další informace

Další informace (zejména podrobnější vysvětlení principů) ohledně návrhu a posouzení výztuže sloupu můžete nalézt v [prezentaci z roku 2021 \[11\]](#).

**UPOZORNĚNÍ: Prezentace z roku 2021 obsahuje neaktuální postupy!**  
Prezentaci můžete použít pro objasnění věcí, které vám nebudou jasné, ale **NEPOUŽÍVEJTE JI PRO VYPRACOVÁNÍ ÚKOLU.**

díky za pozornost

# Reference

- [1] ČSN EN 1992-1-1 [Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby](#) (Kap. 4.4.1), [norma].
- [2] M. Tipka. [Návod pro cvičení BK01 – cvičení 3](#), [doc]. ([mirror link](#))
- [3] M. Tipka. [Posouzení štíhlého železobetonového sloupu](#), [doc]. ([mirror link](#))
- [4] M. Tipka. [Nomogramy pro návrh průřezů souměrně vyztužených sloupů](#), [doc]. ([mirror link](#))
- [5] J. Holan. [Prezentace pro cvičení NNKB – Návrh výztuže sloupu](#), [ppt].
- [6] J. Holan. [Videoprezentace pro cvičení NNKB – Návrh výztuže sloupu](#), [youtube].
- [7] J. Holan. [Prezentace pro cvičení NNKB – Únosnost a posouzení průřezu namáhaného M+N](#), [ppt].
- [8] J. Holan. [Videoprezentace pro cvičení NNKB – Výpočet únosnosti průřezu namáhaného kombinací N+M](#), [youtube].
- [9] J. Holan. [Videoprezentace pro cvičení NNKB – Posouzení průřezu namáhaného kombinací N+M](#), [youtube].
- [10] M. Tipka. [Nomogramy pro návrh průřezů souměrně vyztužených sloupů](#), [doc]. ([mirror link](#))
- [11] J. Holan. [Prezentace pro cvičení BK01 v roce 2021 – Návrh a posouzení výztuže sloupu](#), [ppt].

# Poděkování

Děkuji **Radku Štefanovi, Tomáši Trtíkovi a Romanu Chylíkovi** za časté konzultace při vypracovávání prezentace.

Děkuji **Petru Bílému a Martinovi Tipkovi** za vytvoření a udržování oficiálních podkladů, ze kterých vychází tato prezentace.